

Лукьянов Виктор Григорьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа Института природных ресурсов ТПУ.
E-mail: lev@tpu.ru

Область научных интересов: разработка и создание каталогов горношахтного и нефтегазового промыслового оборудования.
Шмурыгин Владимир Александрович, доцент кафедры бурения скважин Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: shmurigin57@mail.ru
Область научных интересов: горнопроходческое оборудование.

Забуга Владимир Сергеевич, аспирант кафедры транспорта и хранения нефти и газа Института природных ресурсов ТПУ.

E-mail: Zabuga_vs@mail.ru
Область научных интересов: разрушение горных пород при бурении.

УДК 624.21:624.19

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕН С ПОМОЩЬЮ ПЕНОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ ШПУРОВ

В.Г. Лукьянов, В.А. Шмурыгин, В.С. Забуга

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

В связи с тем, что, по нашим данным, целенаправленные исследования по использованию пены для пылеподавления в горных выработках производились недостаточно, целью настоящей работы является анализ опыта ее применения и постановка задачи исследований применительно к строительству транспортных сооружений.

Ключевые слова:

Воздушно-механические пены, низкая температура, гидрообеспыливание.

Сооружение подземных горных выработок при разведке рудных месторождений занимает особое место среди других видов геологоразведочных работ. Однако эти работы отличаются большой трудоемкостью и стоимостью по сравнению с другими видами геологоразведочных работ, так как проведение выработок осуществляется буровзрывным способом.

Производственными геологическими предприятиями «Якутскгеология» и «Севостгеология» при разведке коренных месторождений руд цветных и благородных металлов выполняется большой объем проведения подземных

горноразведочных выработок. Низкие отрицательные температуры (до 20 °С) в горноразведочных выработках резко ограничивают применение общеизвестных средств гидрообеспыливания. В связи с этим запыленность воздуха в сотни раз превышает предельно допустимую концентрацию. Особенно опасна для здоровья проходчиков витающая (менее 12 мк) кварцевая пыль, не смачиваемая водой в процессе бурения шпуров, а также взрывных работ.

Пыль – это дисперсная система, состоящая из частиц твердых веществ разнообразной формы, размера и обладающая различными физико-химическими свойствами. Размер частиц пыли изменяется от долей мкм до 100 мкм. По размерам частицы подразделяются на грубые (от 10 до 100 мкм), заметные невооруженным глазом и оседающие достаточно быстро. Микроскопические (от 0,25 до 10 мкм), видимые в обычные оптические микроскопы и оседающие в неподвижном воздухе с постоянной скоростью. Субмикроскопические (менее 0,25 мкм), обнаруживаемые только при помощи электронных микроскопов, постоянно находящиеся в состоянии хаотического движения и практически не оседающие в неподвижном воздухе. Дисперсные системы с частицами твердых веществ размером менее 0,1 мкм называются дымами.

Профессиональные заболевания под действием пыли относятся к числу наиболее тяжелых и распространенных во всем мире. Основными пылевыми профессиональными заболеваниями являются пневмокониозы, хронический бронхит и заболевания верхних дыхательных путей. Пневмокониоз (легочный пылевой фиброз) – хроническое профессиональное заболевание легких, характеризующееся развитием фиброзных изменений в результате длительного ингаляционного воздействия фиброгенных производственных аэрозолей.

Силикоз, обусловленный вдыханием кварцевой пыли, содержащей свободный диоксид кремния – SiO_2 . Силикатоз, возникающий от вдыхания пыли силикатов – солей кремниевой кислоты (асбестоз, талькоз, каолиноз и т. д.).

Силикоз – наиболее частая форма пневмокониоза. Развивается обычно у работающих в условиях высокой запыленности, нередко при выполнении тяжелого физического труда при стаже 5 лет и более. Наиболее распространен среди шахтеров угольных шахт, встречается также у рабочих горнорудной промышленности, особенно у бурильщиков, крепильщиков. Силикоз – общее заболевание организма, которое сопровождается нарушением функции дыхания (одышка, кашель, боли в груди), развитием хронического бронхита, изменением обменных процессов, нарушением деятельности центральной и вегетативной нервной системы. Наиболее частое осложнение – туберкулез. Характерным для силикоза является его прогрессирование даже после прекращения контакта с пылью.

При высокой запыленности воздуха в шахтах у рабочих может развиваться антракоз в результате вдыхания угольной пыли. Течение его по сравнению с силикозом более благоприятное. Вдыхание смешанной пыли угля и породы, содержащей свободный диоксид кремния, вызывает антракосиликоз – более тяжелую по сравнению с антракозом форму пневмокониоза.

Производственная пыль может быть причиной возникновения не только заболеваний дыхательных путей, но и заболеваний глаз (конъюнктивиты) и кожи (шелушение, огрубление, экземы, дерматиты).

При всех способах бурения шпуров образуется пыль. Основным средством борьбы с пылеобразованием при бурении является промывка шпуров водой.

При бурении перфораторами применяют две схемы подачи промывочной воды:

- 1) центральная – вода подается к задней головке перфоратора и через тонкую водопроводящую трубку, входящую в резинотканевое отверстие хвостовика бура, поступает в забой шпура;
- 2) боковая – вода поступает в канал бура, минуя перфоратор, через муфту, надеваемую на штангу, в теле которой имеется боковое отверстие.

Для повышения пылеподавляющих свойств воды применяют смачиватель ДБ (полиэтиленгликолевый эфир дитретбутилфенола) в концентрации 0,05 %. Его вводят во внутришахтную водопроводную сеть с помощью дозаторов ДСУ-2 и ДСУ-3 с пропускной способностью 0,5...6 м³/ч, максимальным давлением воды 1,6 МПа. Вместимость дозатора ДСУ-2 – 11 л, дозатора ДСУ-3 – 30 л. Расход промывочной воды составляет для ручных перфораторов 3 л/мин, для колонковых перфораторов – 5 л/мин, для бурильных машин – 12 л/мин. Бурение с промывкой можно применять при наличии в шахте водопроводной сети.

Вторым способом борьбы с пылью является сухое пылеулавливание.

Существуют три вида пылеулавливания:

- 1) осевое (центральное) – удаление пыли от забоя шпура производят через штангу и перфоратор посредством эжектора, встроенного в пылеуловитель, или эжекторной станции;
- 2) боковое – удаление пыли из забоя шпура через канал бура;
- 3) удаление пыли от устья шпура.

Сухое пылеулавливание применяют в следующих случаях:

- в удаленных горных выработках, где отсутствует водопроводная сеть, а также когда краткое время бурения не оправдывает затрат на сооружение водопровода;
- в горных выработках, где бурение с промывкой воды не может быть применено (ограниченные водные ресурсы, **в горных выработках с постоянными отрицательными температурами**, в случае вспучивания пород при их насыщении водой, на горных предприятиях, где недопустимо повышение влажности воздуха, и т. п.).

Вопросами гидрообеспыливания в зоне отрицательных температур занимались сотрудники ВНИИ-1, ИГД Севера СО АН России, Читинский политехнический институт и ЗабНИИ. Однако в этих институтах проводилась работа по совершенствованию традиционных средств гидрообеспыливания и пылеподавления. Опыт угольной промышленности, пожаротушения, металлургического производства, бурения геологоразведочных скважин показывает, что использование нетрадиционного агента пылеподавления – пены в комбинации с известными средствами гидрообеспыливания – может дать значительный эффект.

В связи с тем, что по нашим данным целенаправленные исследования по использованию пены для пылеподавления в горноразведочных выработках проводились недостаточно, целью настоящей работы является анализ опыта ее применения и постановка задачи исследований применительно к горноразведочным выработкам.

Как известно, пена – это одна из разновидностей дисперсий. В технике под диспергированием принимают процесс дробления твердых, жидких и газообразных веществ. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек – пузырьков газа (воздуха), разделенных тонкими пленками жидкости. Получение пены с заданными свойствами – важная прикладная проблема. Для оценки свойств пены используют следующие показатели: кратность, дисперсность, устойчивость.

Кратность пены β оценивается отношением объема пены $V_{\text{п}}$ к объему жидкости $V_{\text{ж}}$, содержащей пенообразователь $\beta = V_{\text{п}}/V_{\text{ж}}$.

Различают пену низкой (до 100), средней (100–300) и высокой (более 300) кратности. Дисперсность пены характеризуется средним размером пузырьков. При большом размере пузырьков пена называется грубодисперсной. Устойчивость (стабильность) пены характеризуется способностью сохранять неизменные параметры. Определяется временем ее существования до полного или частичного разрушения. Как правило, определяют время разрушения половины объема пены. Во многих случаях важны ее структурно-механические, теплофизические, реологические свойства, плотность и электропроводность. Вязкость пены определяется вязкостью газа, жидкости и объемным соотношением газа и жидкости.

Стабильная пена имеет плотность 70...100 кг/м³ при РН = 4÷10. Чистые жидкости не способны образовать пены достаточно высокой стабильности. Для получения устойчивых пен жидкая фаза должна содержать, по крайней мере, два компонента, один из которых обладает поверхностно-активными свойствами. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) существенно понижают свободную поверхностную энергию на границе раздела раствор–газ за счет скопления (адсорбции) молекул на поверхности раствора. Количественно эту энергию характеризуют удельной свободной энергией σ . В большинстве случаев этот термин заменяют термином поверхностное натяжение. Чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем легче получить пену высокой кратности.

Кроме этого немаловажными характеристиками ПАВ для их правильного выбора являются: растворимость, водосмачивающая способность, биологическая разлагаемость.

По биологической разлагаемости ПАВ разделены на 3 группы:

- I – биологически хорошо разлагающиеся ($K_{\text{разл}} > 85\%$);
- II – биологически средне разлагающиеся ($K_{\text{разл}} = 70...85\%$);
- III – биологически трудно разлагающиеся ($K_{\text{разл}} < 70\%$).

Сульфанола НП-1, ОП-7, ОП-10 относится к третьей группе. Пена как любая дисперсная система может быть получена двумя способами: объединение очень мелких пузырьков в более крупные (метод конденсации) и дробление крупных воздушных пузырей (метод диспергирования).

Конденсационный метод можно осуществлять по трем схемам:

- 1) изменение параметров физического состояния системы, например, понижением давления над раствором;
- 2) осуществление химических реакций (взаимодействие соды с кислотой, разложение карбоната аммония);
- 3) использование микробиологических процессов, сопровождающихся выделением газов.

Дисперсионный метод обычно осуществляется путем подачи порций газа (сжатого воздуха) в раствор с пенообразователем. Таким образом, могут быть получены монодисперсные пены. В промышленности осуществление этого метода производится по следующим схемам:

- 1) прохождение струй газа через жидкость;
- 2) взбивание, встряхивание и переливание растворов;
- 3) эжектирование воздуха движущейся струей раствора.

По способу пенообразования все устройства делятся на две группы:

- 1) пенные стволы, работающие на принципе соударения струй;
- 2) пеногенераторы, работающие на принципе вспенивания раствора на сетках.

Принцип работы пенного ствола заключается в следующем: пенообразующий раствор под давлением 0,6...0,8 МПа от насоса по шлангу поступает на 3–4 жидкостных распылителя, расположенных под углом к оси ствола так, что при истечении струи сходятся в одной точке. При ударе струй происходит распыление раствора. Последний смешивается с воздухом, который за счет разряжения в диффузоре засасывается туда через отверстия в стволе. Образующая таким образом пена выбрасывается через трубу. Такая пена характеризуется малой кратностью (8–100), неоднородностью структуры и, вследствие этого, нестойка.

Расход раствора для получения пены кратностью 100 составляет 0,02...0,06 м³/с, производительность ствола 0,6 м³/с. Выпускаются стволы следующих типов: СВП-2, СВП-4, СВП-8, СПЛК-20, ПЛС-60С.

Основная область применения – пожаротушение.

Пенообразование на сетках является единственным способом получения высокократной пены. Имеется несколько разновидностей устройств подобного рода.

Образование пены с помощью сеток происходит только в определенном интервале скорости потока воздуха, предельное значение которого зависит от концентрации пенообразователя и размеров ячеек сетки. Кратность генерируемой пены зависит от давления раствора, концентрации пенообразователя, температуры, размера ячеек, скорости и давления раствора. Пенногенератор с перфорированной внутренней трубой позволяет улучшить условия пенообразования за счет увеличения турбулизации потока.

Промышленность выпускает пенногенераторы ГПВ-200, ГПВ-600, ГПВ-2000 для пожаротушения, ПГУ-2, ПГУ-1000, ПГУ-М, ПГВ-0,5 – для шахтных работ.

Источниками пылеобразования при проведении горноразведочных выработок является процесс бурения шпуров, взрывные работы и погрузка породы. Пылеподавление при бурении шпуров традиционно выполняется с помощью промывки шпуров водой или водоселевым раствором и пылеотсосом. Таким образом, из приведенного выше анализа можно сделать следующие выводы:

1. Возможности пылеподавления пеной в горноразведочных выработках, особенно в зоне многолетнемерзлых пород, в достаточной мере не используются.
2. Отсутствуют сведения об использовании пены для пеноподавления при бурении шпуров.
3. Целесообразность пылеподавления пеной в условиях отрицательных температур может быть определена на базе проведения лабораторных и производственных исследований.
4. Существенное снижение запыленности воздуха при проведении горноразведочных выработок возможно при использовании комбинированного метода пылеподавления, а именно:
 - при взрывных работах – использование гидрозабойки шпуров из гидропаст и заполнение призабойного пространства выработки (до 15 м) пеной кратностью 600–800;
 - при бурении шпуров – промывка шпуров пеной кратностью 80–200.

Настоящие исследования проведены для условий Янской геологоразведочной экспедиции.

Пенногенератор, изготовленный по чертежам Томского политехнического университета, предназначен для создания пенных растворов кратностью 80–200 из водного раствора сульфата концентрации 0,05...0,1 % в целях эффективного подавления вредной пыли.

Результаты проведенных испытаний в Янской геологоразведочной экспедиции подтверждают эффективность предлагаемого способа пылеподавления при бурении шпуров: высокая эффективность, достигающая 95 %, высокая смачиваемость пыли, снижение вторичного пылеобразования, большая площадь контакта пены с разрушенной массой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянов В.Г., Комащенко В.И., Шмурыгин В.А. Взрывные работы. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 402 с.: ил.

Поступила 15.02.2013 г.